Ciencia e Ingeniería
Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.
Año 2019, Enero-Junio, Vol. (6) N° (1), pp. 27-35. ISSN 2389-9484.
Universidad de La Guajira, Facultades de Ciencias Básicas y Aplicadas e Ingeniería.
La Guajira-Colombia.
Revista en Línea http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei



SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA CLASIFICACIÓN DE UCHUVA BASADO EN FORMA Y COLOR

ARTIFICIAL VISION SYSTEM FOR CLASSIFICATION OF CAPE GOOSEBERRY BASED ON SHAPE AND COLOR

Aslin Botello Plata y Stanley Illidge Araujo

Universidad de La Guajira, Aslin.Botello@uniguajira.edu.co stanley.illidge@gmail.com

Recibido: septiembre 11 de 2018 Aceptado: enero 20 de 2019

RESUMEN

El propósito de esta investigación es diseñar un sistema para la clasificación de uchuvas basado en su forma y color, utilizando la visión artificial, las redes neuronales y el procesamiento de imágenes, como medios para alcanzar dicho objetivo. Es una investigación de tipo proyectiva, a su vez su método es descriptivo y por su fuente es documental. El software de tratamiento de imágenes y la red neuronal del sistema está desarrollado en el ambiente de programación Matlab, el algoritmo utiliza los principios de procesamiento de imágenes para recortar, segmentar, eliminar el fondo y filtrar la foto, para finalmente alimentar la red neuronal ART y proceder con el reconocimiento de las características del fruto.

Palabras claves: clasificación, frutas, reconocimiento de patrones, procesamiento de imágenes, redes neuronales.

ABSTRACT

The purpose of this research is to design a system for the classification of cape gooseberries based on their shape and color, using artificial vision, neural networks and image processing, as means to achieve this objective. It is a projective type of research, in turn its method is descriptive and its source is documentary. The image processing software and the neural network of the system is developed in the Matlab programming environment, the algorithm uses the principles of image processing to crop, segment, eliminate the background and filter the photo, to finally feed the ART neural network and proceed with the recognition of the characteristics of the fruit.

Keywords: classification, fruits, pattern recognition, image processing, neural networks.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia a pesar de ser un país eminentemente agrícola, no ha podido aprovechar el constante dinamismo de los mercados de frutas y hortalizas de los últimos años, y más aún está cediendo espacios en los que ya había logrado avances importantes. Este es el caso de la uchuva y la pitaya, frutales exóticos con un importante y creciente mercado internacional, pero que no han contado con el respaldo tecnológico que les permita posicionarse en el competido mercado hortofrutícola.
Todavía al día de hoy, el campo de la automatización industrial no ha podido reemplazar la mano del hombre en la totalidad de sus procesos operativos, para poder incrementar la productividad y reducir el riesgo de exposición física que representa la participación

humana, principalmente en las cosechas. A pesar de los muchos estudios desarrollados, y de que se han logrado construir sofisticadas máquinas que pueden suplir parcialmente la mano humana; aún existe un gran vacío en las actividades que requieran emular los cinco sentidos del hombre, los cuales tienen como finalidad común el reconocimiento de patrones.

Importante y altamente indispensable es para la agroindustria la capacidad visual del hombre, particularmente útil en muchas actividades tales como el reconocimiento, clasificación, verificación, identificación entre otros. Numerosos son los estudios y técnicas que buscan soluciones aplicables en el ámbito del control industrial que puedan proveer la capacidad visual a las máquinas, pero la complejidad matemática y las exigencias en capacidad de procesamiento, han obstaculizado la construcción de modelos factibles.

Gracias a la deficiente calidad que proyecta la uchuva de exportación y consumo nacional, esto producto del inadecuado manejo en la pre y pos cosecha, sumada a la poca aplicación de tecnología en el medio, son los motivos principales por los cuales presento la siguiente investigación orientada hacia la solución del problemática indicada.

El impacto de la globalización de los mercados en la agroindustria ha marcado altos estándares de calidad para los productos y servicios relacionados con este medio productivo; obligando así a una fuerte incursión de la tecnología al campo para garantizar el poder alcanzar dichas metas de calidad en sus productos y abarcar la mayor porción de mercados dando a conocer sus productos nativos y generar nuevas posibilidades de mercadeo.

En consecuencia los países industrializados como Inglaterra, suiza, Alemania y U.S.A. con su avanzada trayectoria en tecnología, aplicada a procesos industriales y agroindustriales, han invadido los mercados de los países tercermundistas con la implementación de tecnología que fue diseñada para cubrir necesidades propias de su lugar de origen y que es adaptada a las condiciones locales donde se aplica, pero no siempre satisfaciendo todas las expectativas como cuando se trata de productos nativos de la localidad y que necesitan soluciones orientadas a ellos.

Este es el caso de la uchuva, fruta exótica originaria de los Andes suramericanos, es la especie más conocida de este género y se caracteriza por tener un fruto azucarado y buenos contenidos de vitaminas A y C, además de hierro y fósforo, de la uchuva se comercializa el fruto, que es una baya carnosa en forma de globo, con un diámetro que oscila entre 1,25 y 2,5 centímetros y con un peso entre 4 y 10 gramos; está cubierto por un cáliz formado por cinco sépalos que le protege contra insectos, pájaros, patógenos y condiciones climáticas extremas.

Un problema reconocido por todos los agentes vinculados al cultivo, comercialización y exportación de uchuva, consiste en la necesidad de elevar el nivel tecnológico, para disminuir los costos de producción, mediante la optimización de los procesos; lo anterior estaría entre otros factores, encaminado a posibilitar el cumplimiento de los estándares internacionales de admisibilidad, a través de la correcta clasificación de frutos y la reducción de residuos tóxicos.

La ausencia de la tecnología apropiada en los procesos de acondicionamiento que garanticen la entrega de un producto de excelente calidad a precios justos y en el volumen y momento que se requiere ha conllevado a la pérdida del mercado frente a países como Israel, Ecuador y de Zimbabue en el caso de la uchuva.
Tales problemas, continúan siendo la principal dificultad, especialmente en las zonas apartadas y de menor avance tecnológico para aprovechar las potencialidades de los mercados internacionales.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene la optimización de procesos en la industria y el impacto económico generado el mismo en el mercado colombiano, es necesario comenzar a hacer el acompañamiento tecnológico a estas cadenas para garantizar que entreguen elementos y herramientas que conlleven a alcanzar las condiciones de competitividad que permitan no solo mantenerse en el mercado sino buscar nuevos horizontes, solo así se podrán potencializar los esfuerzos de las empresas hortofrutícolas colombianas hacia los mercados internacionales.

La Clasificación de la uchuva consiste en separar los frutos sanos y limpios en grupos con características similares de tamaño, color, firmeza, textura y apariencia, principalmente. Estos parámetros o grados de calidad, al igual que los parámetros de selección, presentación entre otros, están definidos en la norma internacional Codex Stan 226 (2005) y en la norma nacional NTC 4580 y de común acuerdo entre productores y clientes.

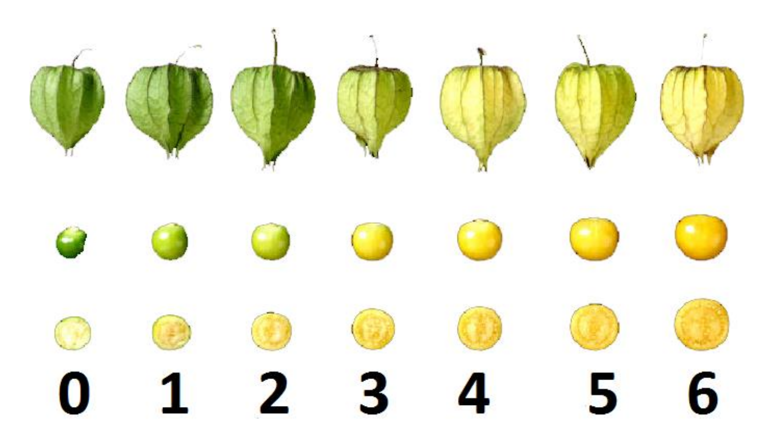
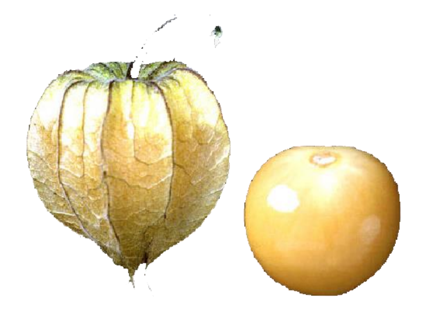


Fig. 1. Características del fruto en diferentes estados de madurez (Norma NTC 4580).


Fig. 2. Categoría Extra (Norma NTC 4580).

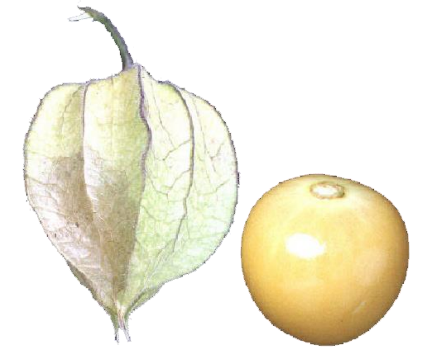


Fig. 3. Categoría I Norma NTC 4580

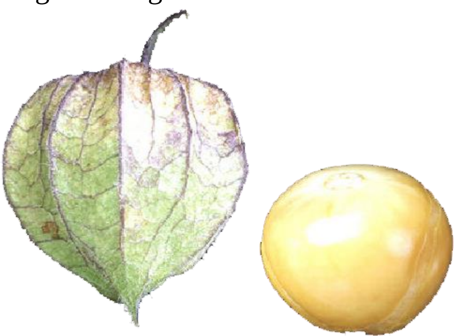


Fig. 4. Categoría II Norma NTC 4580

Por lo que se requiere del procesamiento digital de imágenes el cual es un conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información D'Amato (2007). Este permite el uso de algoritmos complejos, y por lo tanto puede ofrecer un rendimiento más sofisticado en tareas sencillas, y la aplicación de métodos que sería imposible por medios analógicos. En particular, el procesamiento digital de imágenes es la única tecnología práctica para: extracción de características de clasificación, y reconocimiento de patrones.

Según Restrepo, L (2002, p.1), para que un robot reconozca partes, perforaciones, etc. en una superficie, y en general objetos, Primero debe distinguir los objetos de interés del resto de la superficie. En otras palabras, debe.ser capaz de "destacar" partes de la imagen que corresponden a esos objetos. Este proceso de extraer subconjuntos de una imagen que corresponden a partes relevantes de la escena se denomina segmentación.

Según explica Gutiérrez (2000), "Las redes neuronales o modelos conexionistas como también se les conoce, están inspiradas en el comportamiento del cerebro humano. Esto significa, que cuando se desarrolla un modelo de red neurona se trata de imitar el comportamiento del cerebro humano". Las redes neuronales tipifican una solución factible al proceso de Visión Artificial para la Clasificación de Uchuva Basado en Forma y Color.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Existen numerosos criterios conceptuales en metodología, los cuales señalan que para efectuar un estudio debe ser identificado el tipo de investigación a realizar. Según los planteamientos de Hurtado de Barrera (2002), el tipo de investigación proyectiva intenta proponer soluciones a una situación determinada a partir de un proceso previo de

investigación que implica explorar, descubrir, mas no necesariamente ejecutar la propuesta. Dentro de esta categoría entran los proyectos factibles.
Dado el objetivo de la presente investigación, esta se clasifica por su finalidad como proyectiva ya que este trabajo está orientado a presentar una solución a la necesidad industrial de incluir la capacidad visual a las técnicas usadas para automatizar las operaciones. Apoyado en la definición de Tamayo (2007) la cual sostiene que la investigación proyectiva consiste en la elaboración de una propuesta o modelo para solucionar un problema, se diseña el hardware y el software de prueba basado en las teorías de redes neuronales y procesamiento de imágenes.
Según el método aplicado, la Investigación es de tipo descriptivo, debido a que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Así mismo, Fernández y otros (2006) los cuales plantean que los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, el método de la investigación es también de tipo descriptivo, debido a que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento.
A su vez, según la fuente, se considera un estudio documental, puesto que se realizó sobre la base de documentos o revisión bibliográfica. Las informaciones fueron recolectadas a partir de documentos escritos susceptibles de ser analizados (Chávez, 1994).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se implementa un sistema de clasificación automática de colores, tamaños y formas, el cual permitirá clasificar uchuva según las normas de calidad vigentes para su exportación. El problema se aborda mediante técnicas de procesamiento de imágenes y redes neuronales.

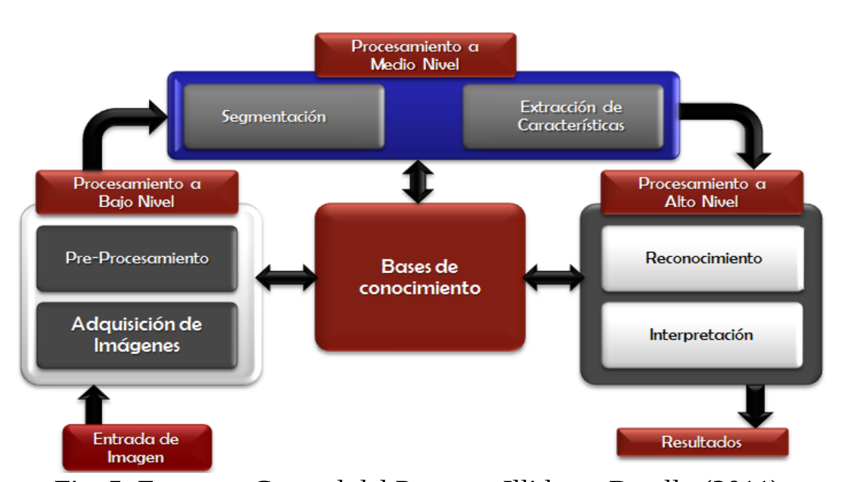


Fig. 5. Esquema General del Proceso. Illidge y Botello (2011).

El sistema de adquisición implementado está compuesto por una cámara de video a color (CCD), un computador y una lámpara de luz blanca. Con este sistema se tomaron y almacenaron imágenes que corresponden a la vista superior de los frutos dispuestos individualmente sobre un fondo. Para variar el sistema de adquisición se cambió la posición de la iluminación así como el color del fondo. El número de imágenes usadas en éste estudio fueron 100 por cada una de las etapas de maduración, es decir se contó con una base de datos de 300 imágenes de tamaño 2688x2016 píxeles con una resolución de 24 bits por píxel almacenadas en formato JPEG.

En la etapa de pre-procesamiento de imágenes se utilizó el programa de cómputo Matlab ®, para llevar a cabo los procesos involucrados en durante el mismo. Los procesos inmersos en este proceso son los siguientes: Redimensionamiento, Conversión a niveles de gris, Umbralización y eliminación del fondo, Ajuste del contraste. Procesos descritos mediante un diagrama de flujo con el código implícito en sus módulos en el siguiente gráfico:

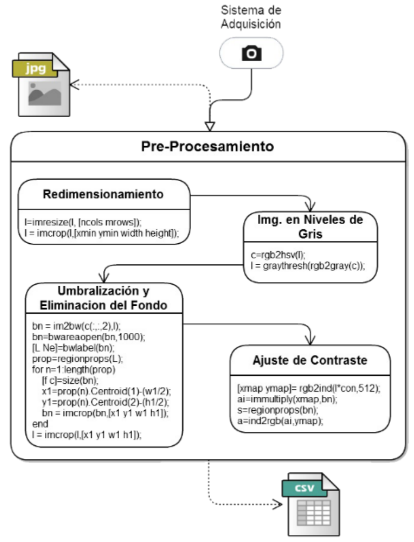


Fig. 6. Esquema de Pre-procesamiento. Illidge y Botello (2011).

Dando como resultado un conjunto de datos representados en una matriz tridimensional con la información necesaria para alimentar el Procesamiento a medio nivel. Este nivel se caracteriza porque su entrada es una imagen, pero su salida es u conjunto de atributos extraídos de dicha imagen. En este proceso se realizará una agrupación de regiones de la imagen a partir de su máscara binaria y a través de propiedades básicas como: área, número de Euler y el mínimo rectángulo que envuelve la figura para así etiquetar y definir una región especifica dentro de la imagen para luego extraer sus características de forma y color.

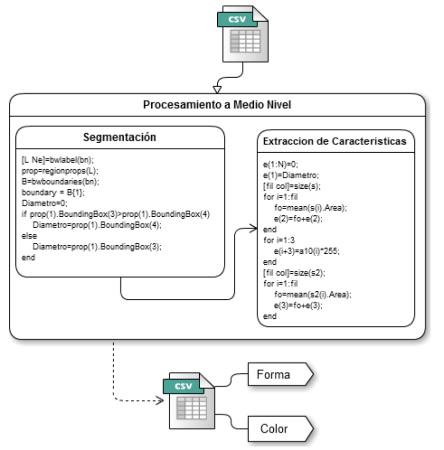


Fig. 7. Procesamiento a Medio Nivel. Illidge y Botello (2011).

En la etapa de Segmentación y Extracción de Características luego de ajustar el contraste de la imagen sin fondo del fruto, se procede a realizar una caracterización morfométrica del fruto tomando una medida axial lo más perpendicular posible respecto al pedúnculo

del mismo, esta operación representa una aproximación para determinar el diámetro de la fruta.

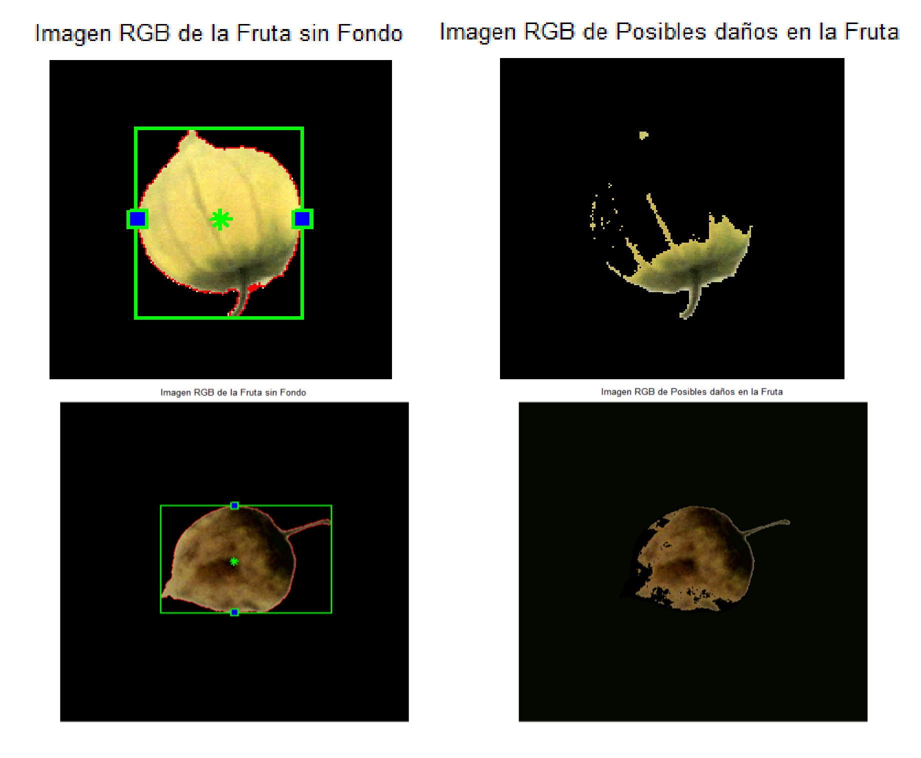


Fig. 8. Imagen RGB de la Fruta. Illidge y Botello (2011).

El procesamiento de alto nivel busca encontrar una interpretación sólida de las características obtenidas mediante los procesos de visión de bajo y medio nivel. Visión de alto nivel tiene que ver, fundamentalmente, con reconocimiento. Es decir, con hacer una correspondencia de la representación del mundo con la información sensorial obtenida por medio del sistema de visión artificial.

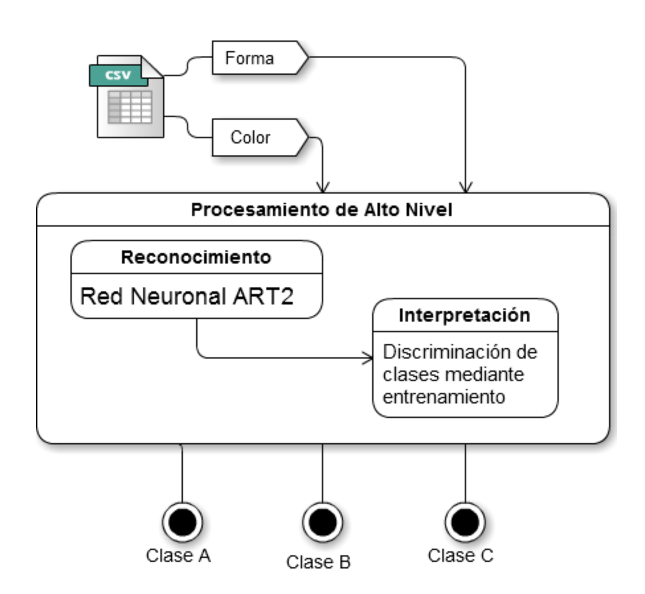


Fig. 9. Procesamiento de Alto Nivel. Illidge y Botello (2011).

En el desarrollo de la investigación se utilizó la inteligencia artificial como herramienta de inferencia y clasificación de los resultados obtenidos de los procesos anteriores. Para

ello se usó la red neuronal ART2, a la red se le presenta un patrón de entrada este se hace resonar con los prototipos de las categorías conocidas por la red, si el patrón entra en resonancia con alguna clase entonces es asociado a esta y el centro de cluster es desplazado ligeramente para adaptarse mejor al nuevo patrón que le ha sido asignado.

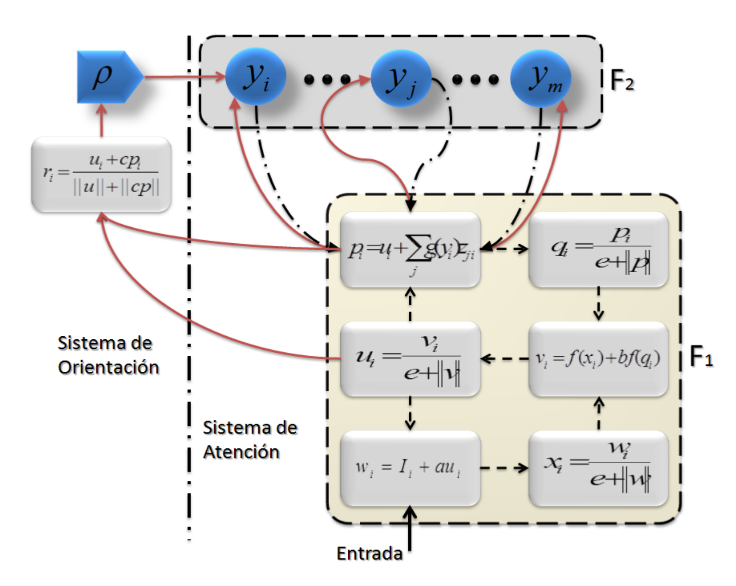


Fig. 10. Arquitectura implementada de la red ART2. Illidge y Botello (2011).

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones derivadas del sistema de visión artificial para la clasificación de uchuva basado en forma y color según las normas de calidad vigentes para su exportación, utilizando técnicas de procesamiento de imágenes y redes neuronales fuero las siguientes: Se identificó que la norma CODEX STAN 226 establecida por la asociación mundial de la salud (OMS) está basada en la norma técnica colombiana (NTC 4580) y guardan mucha similitud en sus conceptos, las dos hacen una clara descripción en cuanto a la forma que debería tener el fruto, pero cabe aclarar que ninguna de ellas posee una referencia clara y precisa en cuanto al color del fruto en cada uno de sus estados de maduración, las dos usan como referencia una valoración subjetiva del color en base a imágenes del fruto y no especifican su color referenciándolo en un espacio de color definido formalmente. Cumpliendo de esta manera con el primer objetivo.

Se verifico a partir del levantamiento de información pertinente, que de los procesos de clasificación dependen en gran manera de las técnicas de adquisición y procesamiento de imágenes, ya que pequeñas variaciones en los factores propios de la captura de la imagen como lo son el tamaño en pixeles de la imagen, su iluminación y la distancia focal, facilitan o dificultan el proceso posterior de clasificación.

Las redes neuronales utilizadas en los procesos de extracción de características y clasificación de imágenes sufren del dilema de la elasticidad y la plasticidad, problema superado por las redes ART. Cumpliendo de esta manera con el segundo objetivo.

Se observó que la red neuronal ART2 es muy sensible a la cantidad de entradas así como al rango de sus valores de entrada y a la distancia aritmética entre ellos, aumentando la complejidad en la determinación de las características de dichos valores de entrada en

cuanto a cantidad, rango y distancia aritmética, caso no abordado por ninguno de los autores que fueron consultados. Cumpliendo de esta manera con el tercer objetivo.

Se demostró la aplicabilidad de las redes neuronales ART2 en los sistemas de clasificación por visión artificial, propuesta por sus autores y otros documentos y aplicaciones recolectados, al encontrar porcentajes de acierto de hasta un 90.66% en las pruebas finales. La red neuronal ART2 es una buena elección para la clasificación de imágenes de uchuva, dada su alta efectividad; no obstante, la escogencia del parámetro de vigilancia debe hacerse al utilizando heurísticas como proponen los autores, o en el peor de los casos a través de la experimentación, lo cual implica que sí el parámetro empleado no es adecuado, la efectividad de clasificación es baja.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Norma Codex Stan 226 (2005), OMS 2005, Norma Técnica Colombiana NTC 4580 (1995).
[2] Richard O. Duda, P.E.H., David G. Stork, Pattern classification. Second ed. 2001, New York: Wiley.
[3] Group, W. Pattern recognition. 2007 [cited 2008 12/11/2008]; Available from: http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Pattern%20recognition.
[4] W.K. Jung, I.C.N., Relevance Feedback in Content- Based Image Retrieval System by Selective Region Growing in the Feature Space. Signal Processing: Image Communication, 2003. 18: p. 13.
[5] E.Umbaugh, S., Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach using CVIP tools.first ed. 1998: Prentice Hall Professional Technical Reference.
[6] Pajares, G.T., A. Burgosartizzu, X.-P. Ribeiro, A, Design of a computer vision system for a differential spraying operation in precision agriculture using hebbian learning. Computer Vision, IET, 2007. 1(3- 4): p. 93-99.
[7] González, R.C., Wintz, P. (1996). Procesamiento digital de imágenes, Addison-Wesley.
[8] A. R. Jimenez, R.C., and J. L. Pons, A survey of Computer Vision Methods for Locating Fruit on Trees. ASAE, 2000. 43: p. 1911-1920.
[9] Zhao, J.T., J. Katupitiya, J., On-tree fruit recognition using texture properties and color data, in international conference on Intelligent Robots and Systems. 2005, IEEE: Edmonton Canada. p. 263-268.
[10] Grupo, T.M.R. Image Processing Toolbox User's Guide. 2008 [cited 14th November 2008].
[11] Pérez-Rodríguez J.; Borrell Vidal, M. (1998). Predicción multivariante de los tipos de interés en el mercado interbancario español con redes neuronales y varianza condicional.
[12] Deco, G.; Obradovic, D. (1996). An information Theoretic approach to neural computing, Springer.